

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНТЕРПОЛЯЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Мукуцкий В.С.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск

E-mail: mvs@ecology.basnet.by

Картографирование является одним из основных методов представления и пространственного анализа информации в экологических исследованиях. Обычным является и представление точечных данных в виде гладких полей путём интерполяции исходных данных. При этом в большинстве случаев в стороне остаётся вопрос выбора метода сглаживания точечных данных и его параметров. Между тем, любой серьёзный проект уделяет большое значение этой проблеме. В первую очередь это касается различных проектов так называемого объективного анализа (реанализа — *retrospective analyses*) [Гандин Л. С., Dee D.P.].

Практическое применение даже простейших вариантов интерполяции не является тривиальной задачей ни в математическом плане, ни в плане программной реализации. Тем не менее, в реальной ситуации исследователь, даже не имеющий соответствующей базовой подготовки, может воспользоваться возможностями получивших широкое распространение компьютерных геоинформационных систем (ГИС). Эти системы предлагают пользователю достаточно широкий диапазон вариантов интерполяции, в том числе, и сплайновой. Де-факто, именно сплайны наиболее часто используются в рамках ГИС при интерполяции в экологических исследованиях. Это объясняется не только простотой использования этого метода, но и тем, что он, создавая плавные, гладкие поверхности, в высокой степени адаптирован именно к медленно меняющимся полям [ArcGIS], какими являются многие экологические (в том числе, и климатические) переменные. С учётом сказанного в данной работе делается попытка оценить качество сплайн-интерполяции данных по температуре воздуха для территории Беларуси, поскольку температура является одним из примеров таких гладких, плавно меняющихся полей.

Возможны различные критерии оценки качества проведённой интерполяции. Очевидно, что сравнения сглаживающей поверхности с реальными данными должны основываться на сравнении исходных точечных данных  $z_i^0$  со значениями поверхности  $z_i$  в этих же точках. Возможные критерии приведены, например, в [Логинов В.Ф.]. Измерение температуры и оценки её изменения традиционно проводятся с точностью до 0,1 °C. С целью иметь возможность сравнения с указанной величиной воспользуемся простейшим критерием — разницей ( $z_i^0 - z_i$ ).

Из двух методов сплайн-анализа — регуляризация и натяжение, был выбран метод регуляризации, как создающий более гладкую поверхность. Параметрами этого метода являются вес, определяющий степень шероховатости сглаживающей поверхности (его допустимые значения — от 0 до 5), и число ближайших точек исходных данных, участвующих в определении аппликаты поверхности. Более гладкая поверхность генерируется при больших значениях параметра веса [ArcGIS]. Исходя из этого, можно предположить, что наилучшие результаты интерполяции температуры будут получены при максимальных значениях веса. Для проверки этого положения и оценки качества сплайн-интерполяции в рамках ГИС ArcGIS было проведено тестирование различных вариантов интерполяции для четырёх значений веса {0,001; 0,1; 0,5; 5} при числе ближайших точек, равном 12. В качестве исходных данных рассматривались значения зимней температуры по 45 станциям наблюдения Беларуси [Расписание...] за 53-летний период 1961–2013 гг.. Таким образом, всего было рассчитано  $53 \times 4 = 212$  интерполяций и получено 9 540 значений аппликаты  $z_i$  сплайн-поверхностей, которые сравнивались с 2 385 значениями  $z_i^0$ . Критичными при оценке качества интерполяции считались значения отклонений  $|z_i^0 - z_i| \geq 0,1$  °C.

На представленном ниже рисунке  $N$  обозначает число превышающих 0,1 °C отклонений сглаживающих поверхностей от исходных точек. Как следует из рисунка, характеристики сплайн-поверхностей зимних температур Беларуси не следуют сформулированному выше правилу, и, более того, с увеличением веса число критичных отклонений резко возрастает.

Следует учесть, что любое осреднение естественным образом увеличивает степень пространственной гладкости поля. Месячные данные имеют более равномерное пространственное распределение, чем суточные, сезонные — более сглаженное, чем месячные. С учётом этого, для увеличения гладкости было проведено дополнительное осреднение исходных данных. Были рассмотрены средние зимние температуры для трёх периодов — 1961–2013, 1961–1990 и 1991–2013 гг.. Особенностью последнего периода являлось то, что исходные данные имели ряд пропусков в отдельные годы и на отдельных станциях. Как следствие, данные периода 1961–1990 гг. отличаются

наиболее плавным характером пространственного изменения представленных точечных значений, период 1991–2013 гг. имеет внесённые за счёт пропусков нарушения гладкости, а период 1961–2013 гг. занимает в этом отношении промежуточное положение. Для каждого из периодов также было рассмотрено несколько вариантов интерполирования данных — с весами {0,1; 0,5; 0,9} при числе ближайших точек в каждом случае 9, 12 и 15, — так, что всего было реализовано 27 интерполяционных поверхностей. Общее число критических (по модулю больших 0,1 °C с учётом округления) случаев представлено на рисунке. С одной стороны, рисунок подтверждает правило улучшения качества подгонки поверхности с увеличением веса.

С другой стороны, характерным является то, что 17 случаев из общего количества (18) выпадают на период 1991 – 2013 гг., отмеченный, как указано выше, внесённым нарушением гладкости. Таким образом, подтверждается, что степень осреднения существенно влияет на качество сплайн-интерполяции.

Данное исследование, хотя и не является полным, позволяет сформулировать предварительные выводы:

1. Исходя из общих соображений, плавно изменяющимся полям и, в частности, метеополям, соответствуют наиболее гладкие варианты сплайн-интерполирующей поверхности с максимальными значениями параметра веса, что, однако, требует проверки в каждом конкретном случае.

2. Для температуры разной степени осреднения при получении **предварительных** сплайн-оценок возможно использование предлагаемых по умолчанию установок операции сплайн-интерполяции (в ArcGIS – 0,1 для веса и 12 – для числа точек).

3. Поскольку выбор **оптимальных** параметров интерполяции зависит от характеристик конкретного набора станций и представленных на них данных, априори невозможно дать рекомендации по их выбору. Ввиду этого для **окончательных** оценок предпочтительным является предварительный анализ различных вариантов сплайнового сглаживания для выбора наилучших параметров сплайн-интерполяции.

4. Нарушения гладкости в исходных данных независимо от их причин приводят к искажениям сглаживающей поверхности вплоть до значимых значений (для температуры – 0,1 °C).

#### Список использованных источников

- Гандин Л. С. Объективный анализ метеорологических полей. Гидрометеиздат, –Л. – 1963. – 288 с.
- Логинов В.Ф. Выбор моделей общей циркуляции атмосферы для регионального прогноза изменения климата / В.Ф. Логинов, В.С. Микуцкий, Е.Н. Каждан // сб. "Природопользование". – 2000. – Вып.6. – С. 30–31.
- Расписание погоды [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://tr5.by/>. Дата доступа: 20.12.2013.
- ArcGIS Spatial Analyst. Руководство пользователя. 1999–2001 ESRI. 216 с.
- Dee D.P. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system / D.P. Dee, S.M. Uppala, A.J. Simmons et al. // Q. J. R. Meteorol. Soc. – 2011. – v. 137. – Pp. 553–597. DOI:10.1002/qj.828.